



DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-5-339-351

УДК 615.22:616.12-008.331.1

EDN: HWSHUA



Н.А. Николаева, А.С. Лишута, О.О. Воронкова,
О.А. Слепова, Ю.А. Петухова, Ю.Н. Беленков

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), Кафедра госпитальной терапии № 1
Института клинической медицины, им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия

МЕТОД УСИЛЕННОЙ НАРУЖНОЙ КОНТРПУЛЬСАЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

N.A. Nikolaeva, A.S. Lishuta, O.O. Voronkova,
O.A. Slepova, Yu.A. Petukhova, Yu.N. Belenkov

Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov (Sechenov University), Department of Hospital
Therapy № 1 of the Institute of Clinical Medicine n.a. N.V. Sklifosovsky, Moscow, Russia

The Method of Enhanced External Counterpulsation in Clinical Practice

Резюме

Хронические неинфекционные заболевания представляют важную медико-социальную проблему для системы здравоохранения. Оптимальная фармакотерапия не всегда оказывается достаточно эффективной, а применение хирургических методов лечения возможно не у всех больных. Кроме того, важным звеном комплексного ведения таких пациентов является дозированная физическая активность, однако у большинства из них низкая толерантность к нагрузкам не позволяет их осуществлять, запуская порочный круг, приводящий к снижению функционального резерва организма. В данном случае полезным может быть использование немедикаментозных методов лечения, например, усиленной наружной контрпульсации. Настоящий обзор посвящен анализу литературных данных о возможностях использования данного метода, что имеет существенное значение в клинической практике.

Ключевые слова: хронические неинфекционные заболевания, усиленная наружная контрпульсация, немедикаментозные методы лечения

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов

Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования

Статья получена 15.07.2024 г.

Одобрена рецензентом 02.09.2024 г.

Принята к публикации 17.09.2024 г.

Для цитирования: Николаева Н.А., Лишута А.С., Воронкова О.О. и др. МЕТОД УСИЛЕННОЙ НАРУЖНОЙ КОНТРПУЛЬСАЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ. Архивъ внутренней медицины. 2024; 14(5): 339-351. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-5-339-351. EDN: HWSHUA

Abstract

Chronic non- infectious diseases represent an important medical and social problem for the healthcare system. Optimal pharmacotherapy is not always effective enough, and the use of surgical treatment methods is not possible in all patients. In addition, an important link in the comprehensive management of such patients is dosed physical activity, however, in most of them, low exercise tolerance does not allow them to exercise, starting a vicious circle that leads to a decrease in the functional reserve of the body. In this case, the use of non-pharmacological treatment methods, for example, enhanced external counterpulsation, may be useful. This review is devoted to the analysis of literature data on the possibilities of using this method, which is important in clinical practice.

Key words: chronic non- infectious diseases, enhanced external counterpulsation, non-pharmacological treatment methods

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

Sources of funding

The authors declare no funding for this study

Article received on 15.07.2024

Reviewer approved 02.09.2024

Accepted for publication on 17.09.2024

For citation: Nikolaeva N.A., Lishuta A.S., Voronkova O.O. et al. The Method of Enhanced External Counterpulsation in Clinical Practice. The Russian Archives of Internal Medicine. 2024; 14(5): 339-351. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-5-339-351. EDN: HWSHUA

ИБС — ишемическая болезнь сердца, КПНТ — кардиопульмональный нагрузочный тест, НК — наружная контрпульсация, СД — сахарный диабет, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, УНКП — усиленная наружная контрпульсация, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ХНИЗ — хронические неинфекционные заболевания, ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких, ХРЗ — хронические респираторные заболевания, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, 6МШТ — 6-минутный шаговый тест

Введение

Хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ) являются одной из глобальных проблем во всем мире, что обусловлено их высокой распространенностью, неблагоприятным прогнозом (инвалидизация и смерть) и отрицательным влиянием на качество жизни пациентов [1]. Почти половина населения земного шара страдает, по крайней мере, одним хроническим заболеванием [2]. По данным российского общества профилактики неинфекционных заболеваний [3], к наиболее распространенным ХНИЗ относятся сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), злокачественные новообразования, хронические респираторные заболевания (ХРЗ) и сахарный диабет (СД). Данные состояния, несомненно, истощают функциональные резервы организма, снижают интенсивность ответных компенсаторных и регенераторных реакций.

В настоящее время активно развиваются фармакологические и хирургические стратегии лечения, способные улучшить состояние таких пациентов. Однако, стоит отметить, что даже оптимальная медикаментозная терапия у таких пациентов не всегда оказывается достаточно эффективной, а применение оперативных вмешательств возможно не у всех больных. Кроме того, в последние десятилетия все чаще для лечения пациентов с ХНИЗ используются физические упражнения. В систематическом обзоре [4], включавшем результаты 85 мета-анализов по 22 различным хроническим заболеваниям, было показано, что дозированная физическая активность является безопасным способом повышения физической работоспособности и функциональных возможностей у лиц с ХНИЗ. Это относится к аэробным упражнениям, силовым тренировкам, комбинированным тренировкам с отягощениями, а также к большинству других тренировочных протоколов, специфичных для конкретного состояния организма. Тем не менее, далеко не все пациенты способны выполнять физические нагрузки в связи с низкой толерантностью к ним и длительными госпитализациями, что запускает порочный круг прогрессирующей мышечной дисфункции, приводящей к детренированности организма и снижению его функциональных резервов. В таких случаях необходимо использование дополнительных немедикаментозных методов лечения, одним из которых является усиленная наружная контрпульсация (УНКП), которая не только позволяет пациентам расширить свою двигательную активность, но и может использоваться совместно с физическими нагрузками.

История развития метода

Метод наружной контрпульсации (НК) относительно недавно вошел в клиническую практику. Термин «контрпульсация» появился только во второй половине XX века. Впервые он был использован в 1962 г., чтобы описать механизм быстрого обратного перемещения крови в аорте. Затем новый метод был испытан в эксперименте на собаках. На нижние конечности животных были наложены манжеты, путем нагнетания воздуха в которые удалось увеличить диастолическое давление в аорте. Спустя некоторое время, на основании этих опытов было создано первое устройство для проведения НК у человека в качестве альтернативы внутриаортальной баллонной контрпульсации, которая является инвазивным и технически сложным в исполнении методом. В первых аппаратах для НК использовалось только две манжеты, а последующее добавление дополнительной манжеты на ягодицы усилило гемодинамическую эффективность метода, что нашло свое отражение в названии.

Современный аппарат для УНКП состоит из электронного блока управления, компрессора, воздушных шлангов, кушетки, подобранных по размеру манжет, которые накладываются на голени, бедра и ягодицы пациента, электродов для синхронизации работы устройства с электрокардиограммой пациента и пальцевого фотоплетизмографа (Рис. 1).

Механизм действия УНКП:

В фазу диастолы сердца воздух быстро и последовательно нагнетается в манжеты снизу вверх (от голеней к ягодицам), что приводит к компрессии артериальных сосудов. Возникающий обратный артериальный кровоток и увеличение диастолического давления в аорте способствуют увеличению перфузионного давления в артериальных сосудах и улучшению перфузии органов. Перед систолой манжеты также последовательно сдуваются, соответственно, кровь из сердца выбрасывается в частично опустошенные сосуды с меньшим сопротивлением, что снижает постнагрузку [5].

Механизм действия УНКП включает гемодинамические, нейрогуморальные и тканевые эффекты (табл. 1).

Гемодинамические эффекты характеризуются повышением диастолического коронарного кровотока, увеличением венозного возврата к сердцу, улучшением системной микроциркуляции, а также снижением постнагрузки на сердце. Основой гемодинамического эффекта УНКП является повышение перфузионного давления в коронарных артериях в диастолу и снижение

сопротивления сердечному выбросу во время систолы левого желудочка [6].

Сосудистые эффекты обеспечиваются улучшением эластических свойств сосудов и эндотелиальной функции, образованием коллатералей и замедлением прогрессирования атеросклероза. Обнаружено, что УНКП улучшает атромбогенную активность сосудистой стенки, повышая уровни антитромбина III и плазминогена и снижая уровень ингибитора тканевого активатора плазминогена [7]. Также УНКП вызывает повышение уровня оксида азота и снижение уровня эндотелина-1 [8], а также способствует активации неоангиогенеза. Данный эффект реализуется благодаря явлению напряжения сдвига, возникающему в клетках эндотелия сосудов в результате трения между слоем крови и сосудистой стенкой. Ускорение кровотока через артерии во время компрессии нижних конечностей вызывает увеличение этого показателя, что стимулирует выделение

различных вазоактивных веществ (α -актина, фактора фон Виллебранда, основного фактора роста фибробластов, фактора роста гепатоцитов, сосудистого эндотелиального фактора роста и оксида азота [9-11].

Тканевые эффекты связаны с улучшением метаболической активности в тканях, повышением устойчивости тканей к ишемии и чувствительности к инсулину.

В данном обзоре представлены результаты анализа литературных данных за период 1998–2024 гг. баз данных PubMed, РИНЦ, Scopus по использованию метода УНКП в клинической практике. Использовались ключевые слова: усиленная наружная контрпульсация, немедикаментозное лечение, реабилитация. В приведенных научных исследованиях показаны возможности применения данного метода при различных заболеваниях, а также отражены вероятные механизмы положительного влияния УНКП, что имеет значение в клинической практике и дальнейших исследованиях.

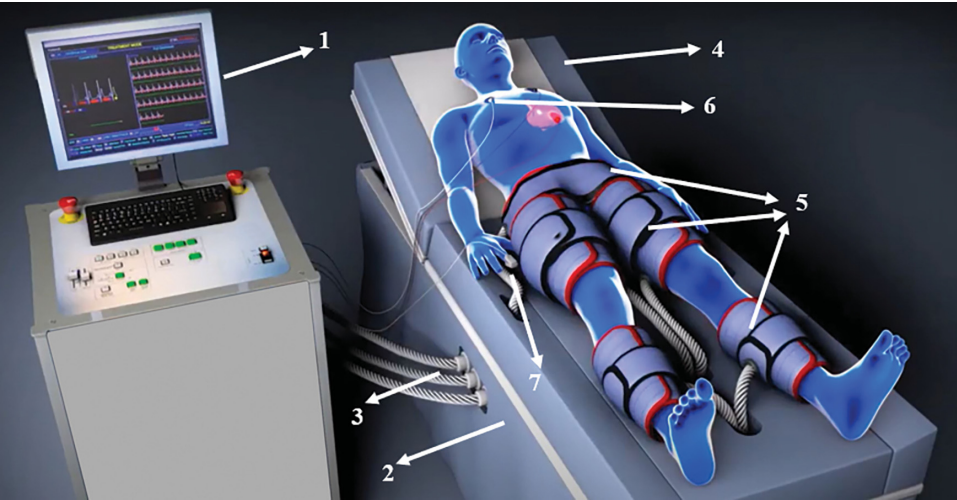


Рисунок 1.
Устройство аппарата УНКП

Примечание: 1 — электронный блок управления; 2 — компрессор; 3 — воздушные шланги; 4 — кушетка; 5 — манжеты; 6 — электроды; 7 — пальцевой фотоплетизмограф

Figure 1.
Device for enhanced external counterpulsation

Note: 1 — electronic control unit; 2 — compressor; 3 — air hoses; 4 — couch; 5 — cuffs; 6 — electrodes; 7 — finger photoplethysmography

Таблица 1. Эффекты УНКП

Гемодинамические	Сосудистые	Тканевые
- Повышение диастолического коронарного кровотока; - Улучшение системной микроциркуляции; - Снижение постнагрузки на сердце; - Увеличение венозного возврата;	- Улучшение эластических свойств сосудов (уменьшение жесткости); - Улучшение эндотелиальной функции; - Образование коллатералей (ангиогенез); - Замедление прогрессирования атеросклероза;	- Улучшение метаболической активности в тканях; - Повышение устойчивости тканей к ишемии; - Повышение чувствительности к инсулину;

Table 1. Effects of enhanced external counterpulsation

Hemodynamic	Vascular	Tissue
- Increased diastolic coronary blood flow; - Improvement of systemic microcirculation; - Reduction of postload on the heart; - Increased venous return;	- Improvement of the elastic properties of blood vessels (reduction of stiffness); - Improvement of endothelial function; - Formation of collaterals (angiogenesis); - Slowing down the progression of atherosclerosis;	- Improvement of metabolic activity in tissues; - Increased tissue resistance to ischemia; - Increased insulin sensitivity;

Использование метода в клинической практике

Впервые в клинической практике метод УНКП стал использоваться у пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [12] и ишемической болезнью сердца (ИБС) [13]. При этом, в российских клинических рекомендациях по стабильной ИБС метод УНКП рекомендован для лечения рефрактерной (как к медикаментозному лечению, так и к хирургическим вмешательствам) стенокардии (уровень убедительности рекомендаций А, уровень достоверности доказательств 2) [13]. В европейских клинических рекомендациях УНКП предложена для уменьшения симптомов у пациентов с тяжелой стенокардией, рефрактерной к оптимальному медикаментозному лечению и реваскуляризации (класс рекомендация IIb, уровень доказательности В) [14]. В настоящее время УНКП включена в стандарты ведения больных стабильной ИБС [15] и ХСН [16].

Метод уникален тем, что при относительно невысокой стоимости он может быть использован в амбулаторных условиях, поэтому доступен для большинства пациентов. Кроме того, для проведения УНКП не требуется высокая степень тренированности организма, поэтому метод может применяться для лечения пациентов, которые не способны выполнять физические упражнения. В Российской Федерации метод УНКП уже включен в ряд территориальных программ ОМС при лечении пациентов с ИБС. Вместе с тем проблемами, требующими решения, остаются недостаточная осведомленность о данном методе лечения со стороны врачей и пациентов, а также недостаточная оснащенность медицинских учреждений необходимым оборудованием.

Показания к применению УНКП:

Стабильная ИБС (рефрактерная стенокардия) остается основным показанием к применению этой методики, в том числе при невозможности проведения хирургической реваскуляризации.

Кроме того, метод УНКП показал свою эффективность в лечении пациентов с другими заболеваниями (в т.ч. ХСН, острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу, когнитивные нарушения, окклюзия центральной артерии сетчатки, болезни внутреннего уха, эректильная дисфункция ишемического генеза, облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей, хроническая обструктивная болезнь легких), поэтому применение его при данных состояниях является оправданным [17].

Противопоказания к применению УНКП

Несмотря на эффективность и безопасность методики УНКП, имеется ряд противопоказаний к ее проведению [18, 19]:

- тромбофлебиты и/или флебиты в анамнезе;
- легочная гипертензия 2-3 степени;
- декомпенсация сердечной недостаточности;
- перенесенный инфаркт миокарда давностью менее 3-х месяцев;

- нестабильная стенокардия;
- неконтролируемая артериальная гипертензия;
- геморрагические состояния (коагулопатия с международным нормализованным отношением > 2.0 или протромбиновым временем >15 с);
- тяжелая патология клапанного аппарата сердца;
- критическая ишемия артерий нижних конечностей;
- аневризма грудного и/или брюшного отдела аорты;
- неправильная и тахисистолическая форма фибрилляции-трепетания предсердий, частая желудочковая экстрасистолия, частота сердечных сокращений >135 или <35 уд. в минуту);
- катетеризация сердца менее 2-х недель назад;
- оперативное вмешательство менее 6-ти недель назад;
- беременность.

Использование УНКП в кардиологии:

Как уже было сказано, возможности УНКП наиболее широко реализуются в терапии ССЗ и эффекты процедуры являются наиболее изученными именно у таких пациентов. Первым крупным исследованием считается исследование MUST-ЕЕСР [20], продемонстрировавшее положительный эффект курса процедур УНКП в снижении частоты приступов стенокардии и, соответственно, уменьшение потребности в препаратах нитроглицерина, а также в увеличении длительности переносимой нагрузки и времени до возникновения депрессии сегмента ≥ 1 мм во время нагрузочного теста. По данным V. Singh et al. (2018) [21], у 163 пациентов, принимавших участие в исследовании, также было отмечено уменьшение клинических проявлений ИБС. У пациентов с ХСН, по данным исследования R. Subramanian et al. (2005) [22], отмечено увеличение фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) после курса УНКП с $46,40 \pm 15,88$ % до $50,05 \pm 13,20$ % ($p < 0,001$). Похожие результаты продемонстрировала работа A. Sardari et al. (2016) [23]: ФВ ЛЖ после проведения курса УНКП повысилась с $42,65 \pm 11,82$ % до $44,26 \pm 11,86$ % ($p < 0,001$). Помимо увеличения ФВ ЛЖ, УНКП повышает толерантность к физической нагрузке. Такие результаты были получены в исследовании E. Wu et al. (2013) [24], в котором толерантность к нагрузке оценивалась по данным 6-минутного шагового теста (6МШТ). Проходимая пациентами дистанция после курса увеличилась на 7 % с 410 м до 439 м ($p < 0,001$). Долгосрочное влияние терапии УНКП на структурно-функциональные показатели состояния сердца и сосудов, толерантность к физической нагрузке и качество жизни пациентов со стабильной ИБС, осложненной ХСН, изучалось в российском исследовании EXCEL [25]. 120 пациентов были случайным образом распределены на 3 группы по 40 человек в каждой, причем первые две группы в дополнение к оптимальной медикаментозной терапии получали курсы УНКП каждые 6 или 12 месяцев соответственно, а третья — плацебо-контрпульсацию. За 12-месячный период наблюдения в 1-й и 2-й группах было продемонстрировано улучшение функциональных параметров сердца (ФВ ЛЖ возросла с $40,6 \pm 7,5$ до $47,5 \pm 10,2$ % и с $41,3 \pm 6,8$ до $43,9 \pm 10,3$ % соответственно),

а также увеличение толерантности к нагрузке по данным 6МШТ (прирост дистанции на 44,5 % и 24,9 % соответственно) и улучшение качества жизни по данным специализированных опросников. Данная положительная динамика сохранялась в течение всего периода исследования — 36 месяцев [26].

Кроме того, у пациентов с ИБС часто встречаются заболевания периферических артерий, которые считаются относительным противопоказанием к проведению УНКП. Но в исследовании, проведенном B. Thakkar et al. (2010) [27], была продемонстрирована безопасность метода у таких пациентов при отсутствии признаков критической ишемии конечностей. В другом исследовании [28] после курсового лечения (35 процедур УНКП) у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей в значительной мере уменьшились боли в ногах, судороги в икроножных мышцах и зябкость стоп. Также у данной категории пациентов отмечено значимое повышение реографического индекса голени и стоп (на 23,9 % и 23,2 % соответственно), увеличение дистанции безболевой ходьбы (в группе контроля прирост дистанции составил $64,5 \pm 25,1$ м ($p < 0,05$), а в группе УНКП дистанция увеличилась на $250 \pm 31,2$ м ($p < 0,05$)) и увеличение лодыжечно-плечевого индекса на передней и задней большеберцовых артериях (на 31,4 и 35,2 % соответственно ($p < 0,05$)). Положительное влияние УНКП в данном случае обусловлено эндотелиальными эффектами.

Нередко у пациентов с ИБС встречается артериальная гипертензия, при которой происходит повреждение клеток эндотелия. Исследование J. Liang et al. (2021) [29] продемонстрировало положительное влияние УНКП в виде снижения систолического ($133,2 \pm 4,9$ мм рт. ст. по сравнению с $139,3 \pm 6,4$ мм рт. ст., $p < 0,05$) и диастолического ($83,4 \pm 4,5$ мм рт. ст. против $89,5 \pm 7,6$ мм рт. ст., $p < 0,05$) артериального давления и увеличения репаративной способности эндотелиальных клеток.

Использование УНКП в пульмонологии

Что касается использования УНКП у пациентов с ХРЗ, количество исследований невелико и механизмы положительного влияния остаются малоизученными. Самым крупным является исследование M. Zhao et al. (2020) [30], изучавшее влияние УНКП на физическую выносливость здоровых добровольцев и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). В это рандомизированное клиническое исследование было включено 72 человека в возрасте от 27 до 82 лет, которых случайным образом разделили на 2 группы: группа УНКП и группа не-УНКП. В зависимости от максимального потребления кислорода также были выделены подгруппы с нормальной физической выносливостью, с низкой выносливостью и с ХОБЛ (симптомы, факторы риска и отношение объема форсированного выдоха за 1 секунду к форсированной жизненной емкости легких $< 70\%$). Для оценки эффективности курса УНКП, состоящего из 15 процедур, использовались данные

кардиопульмонального нагрузочного теста (КПНТ), полученные исходно и сразу после окончания курса. По результатам исследования значительно улучшились показатели анаэробного порога потребления кислорода, максимального потребления кислорода, аэробного порога пульса, анаэробного порога тренировочной нагрузки, метаболического эквивалента анаэробного порога и максимального метаболического эквивалента в группе УНКП во всех подгруппах по сравнению с группой не-УНКП ($p < 0,05$). Таким образом, было продемонстрировано, что УНКП улучшает физическую выносливость, что особенно важно для пациентов с ХОБЛ. Несмотря на то, что функция легких в данном исследовании не оценивалась, небольшое выборочное исследование выявило положительную динамику функции легких у пациентов с ХОБЛ, проходивших курс УНКП. В другом клиническом исследовании, проведенном в США в 2021 г [31], оценивалась эффективность применения метода УНКП для лечения симптомов длительного течения COVID-19. В данное исследование было включено 16 пациентов с лонг-ковидом, подтвержденным лабораторно. Интересно, что кроме длительного течения коронавирусной инфекции, эти пациенты имели сопутствующие заболевания, такие как ИБС и/или артериальную гипертензию. Всем пациентам было выполнено от 15 до 35 процедур УНКП. После проведенного курса, по сравнению с исходным уровнем, значимо увеличилась толерантность к физической нагрузке по данным 6МШТ (дистанция возросла на $200,00 \pm 180,14$ м, $p = 0,002$). Кроме того, 44 % исследуемых пациентов отметили уменьшение выраженности одышки (по шкале Rose), а у 63 % — уменьшился функциональный класс стенокардии (по классификации Канадского сердечно-сосудистого общества). В недавнем пилотном исследовании, проведенном на базе Сеченовского университета [32], также была продемонстрирована эффективность метода УНКП у пациентов с ХРЗ. В данное исследование было включено 30 пациентов в возрасте от 35 до 74 лет с тяжелыми и среднетяжелыми вентиляционными нарушениями, не имеющих значимую сопутствующую патологию. Всем пациентам был проведен курс из 20 часовых сеансов УНКП. В отличие от предыдущих исследований, кроме КПНТ и 6МШТ, для оценки эффективности УНКП впервые использовались бодиплетизмография и исследование диффузионной способности легких. После проведенного курса была отмечена значимая положительная динамика легочных объемов в виде прироста общей емкости легких на 18 % в большей степени за счет жизненной емкости легких, которая увеличилась на 24 % ($p < 0,001$). Стоит отметить, что значимой динамики диффузионной способности легких при этом выявлено не было. По данным КПНТ определялось значимое повышение анаэробного порога, вентиляционного резерва и толерантности к физической нагрузке ($p < 0,001$). Есть также описание клинического случая использования метода УНКП в лечении постковидного синдрома [33]. В октябре 2020 г. 38-летняя относительно здоровая женщина перенесла инфекцию COVID-19 без пневмонии.

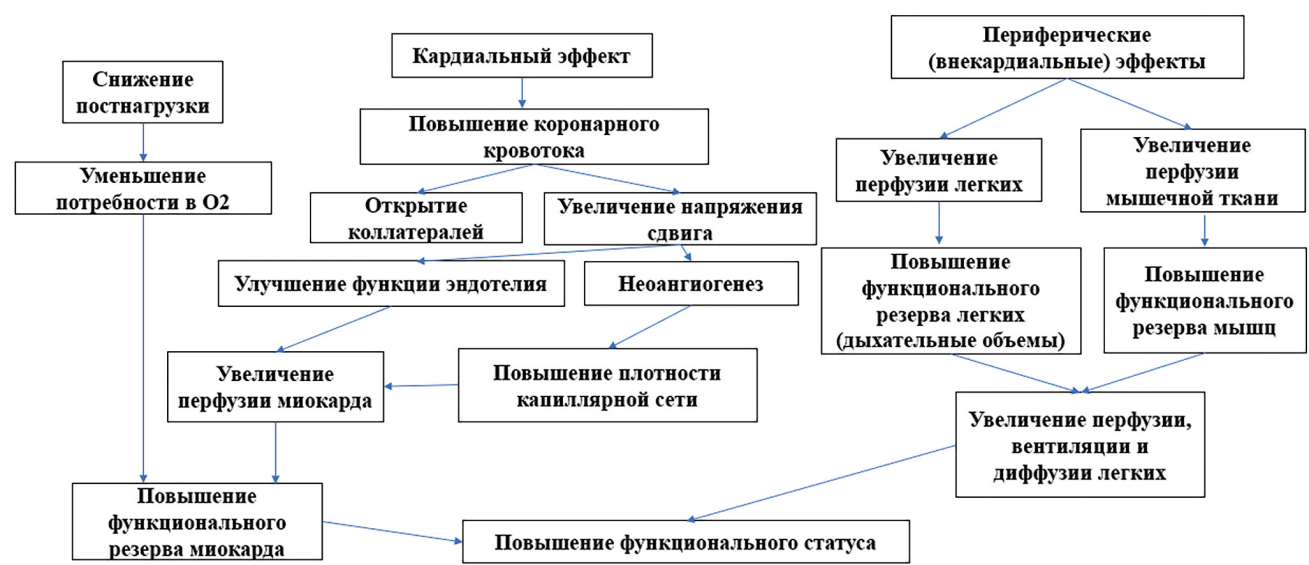


Рисунок 2. Механизм действия УНКП при ХРЗ

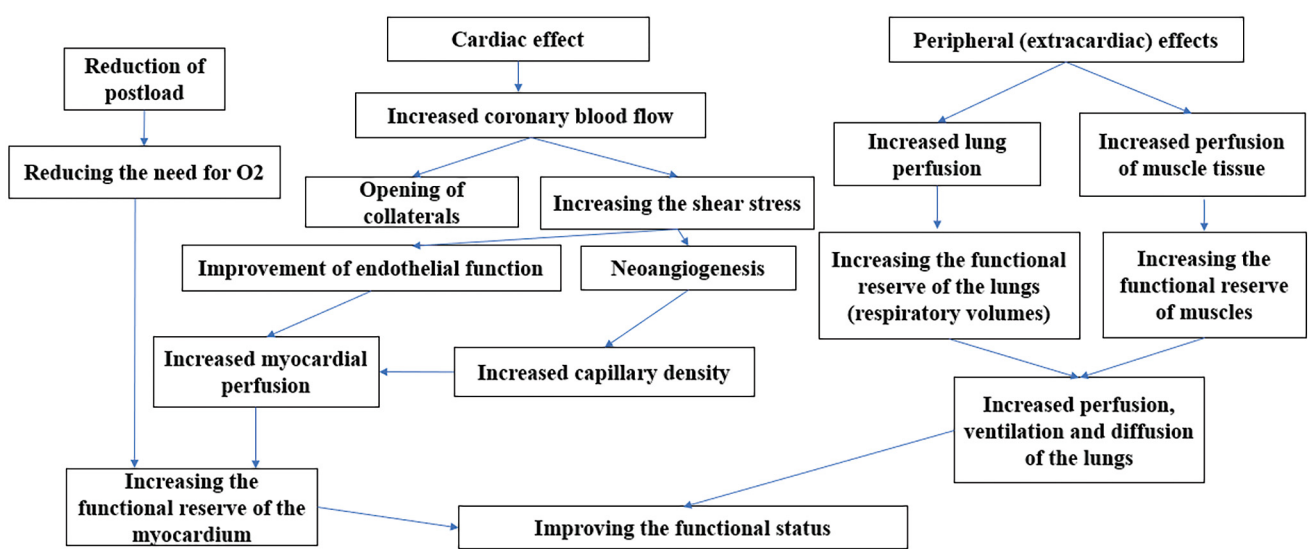


Figure 2. Mechanism of action of enhanced external counterpulsation in chronic respiratory diseases

После того, как большинство симптомов исчезло, ее продолжала беспокоить одышка во время физической нагрузки слабость и головные боли. Эти симптомы сохранялись в течение трех месяцев, прежде чем была проведена УНКП в виде одночасовых сеансов три раза в неделю. Через 10 дней после проведения курса пациентка отметила уменьшение выраженности одышки, а через 5 недель сообщила, что вернулась к той физической активности, которую имела до заболевания.

Основными точками приложения УНКП у пациентов с ХРЗ могут являться: нарушение перфузии легких и диффузионной способности, снижение мышечной силы и выносливости, повышение мышечной усталости, а также уменьшение подвижности диафрагмы. Дисфункция дыхательных мышц, наряду

с дисфункцией мышц конечностей, является важной проблемой для пациентов с ХРЗ и способствует развитию и сохранению дыхательной недостаточности [34]. Таким образом, механизм действия УНКП при ХРЗ (рис. 2), вероятно, обусловлен улучшением перфузии легочной ткани (слабовентилируемых альвеолярных и бронхиолярных пространств), а также диафрагмы и других дыхательных мышц. M. Melin et al. (2018) [35] показали, что УНКП может индуцировать ответную реакцию клеток скелетных мышц и увеличивать экспрессию их факторов роста, что ускоряет мышечный метаболизм и способность к насыщению мышц кислородом. Вышеперечисленные механизмы способствуют повышению функционального резерва организма, который снижается при данной группе заболеваний.

Таблица 2. Характеристики исследований УНКП

Исследо- вание	Нозология	Дизайн исследования, n	Конечные точки	Результаты
MUST-EECP (1999) [20]	ИБС	Рандомизированное, слепое, плацебо- контролируемое; n=139; 8 нед.	Продолжительность физической нагрузки и время до депрессии сегмента ST ≥ 1 мм, среднесуточное количество приступов стенокардии и использования нитроглицерина	Увеличение по сравнению с исходным уровнем и группой плацебо времени до депрессии сегмента ST ≥ 1 мм (p = 0,01). Эпизоды стенокардии были реже в группе активной УНКП по сравнению с плацебо (p <0,05)
Singh et al. (2018) [21]	ИБС с или без СД	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=163; 12 мес.	Тяжесть стенокардии по классифи- кации CCS, выраженность одышки по шкале MRC, показатели гли- кемического контроля (гликемия натощак и HbA1c)	Уменьшение тяжести стенокардии и вы- раженности одышки, снижение уровня гликемии натощак и HbA1c (p <0,001).
Subramanian et al. (2005) [22]	ИБС, ХСН	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=72; 8 нед.	ФВ ЛЖ, ЦАСД, ИА	Увеличение ФВ ЛЖ по сравнению с исход- ным уровнем после курса УНКП (p <0,001). Снижение ЦАСД, ИА при нормальном АД, повышение ЦАСД, ИА при низком АД и дисфункции левого желудочка (p <0,05)
Sardari et al. 2018 [23]	ИБС, ХСН	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=34; 7 нед.	ФВ ЛЖ, продолжительность физи- ческой нагрузки, рабочая нагрузка	После курса УНКП по сравнению с исход- ным уровнем увеличилась ФВ ЛЖ, мак- симальная рабочая нагрузка и продолжи- тельность физической нагрузки (p <0,001)
Wu et al. (2013) [24]	ИБС	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=34; 6 мес.	Толерантность к физической на- грузке (6МШТ), качество жизни (SF-36), тяжесть стенокардии по классификации CCS	После курса УНКП по сравнению с ис- ходным уровнем увеличилась толерант- ность к физической нагрузке, улучшилось качество жизни и уменьшилась тяжесть стенокардии (p <0,001)
EXCEL (2024) [25]	ИБС, ХСН	Рандомизированное; плацебо-контролиру- емое; n=120; 36 мес.	Толерантность к физической на- грузке (6МШТ), качество жизни (MLHFQ и SF-36), функциональные параметры сосудистого русла (ка- пилляроскопия) и сердца (ФВ ЛЖ), неблагоприятные сердечно-сосуди- стые клинические исходы	Увеличение по сравнению с исходным уровнем и группой плацебо толерантно- сти к физической нагрузке, показателей качества жизни, функциональных параме- тров сосудистого русла и сердца (p <0,05), а также снижение частоты возникновения неблагоприятных исходов
Бадтиева и др. (2019) [28]	Облитериру- ющий атеро- склероз сосу- дов нижних конечностей	Нерандомизированное, контролируемое; n=68; 7 нед.	Частота характерных жалоб, дис- танция безболевой ходьбы, состоя- ние периферической гемодинами- ки, лодыжечно-плечевой индекс	Уменьшение выраженности симптомов в группе УНКП, увеличение дистанции безболевой ходьбы, улучшение состояния периферической гемодинамики и увеличе- ние лодыжечно-плечевого индекса (p <0,05)
Liang et al. (2021) [29]	Артери- альная гипертензия 1-й степени	Рандомизированное, контролируемое; n=40; 7 нед.	Артериальное давление, ПЗВ, функ- ция ЭПК	Снижение систолического и диастоличе- ского артериального давления, увеличение значения ПЗВ, улучшение функции ЭПК (p <0,05)
Zhao et al. (2020) [30]	ХОБЛ	Рандомизированное, контролируемое; n=72; 3 мес.	Физическая выносливость: анаэробное пороговое поглощение кислорода, максимальное поглоще- ние кислорода, анаэробный поро- говый импульс, анаэробный поро- говый метаболический эквивалент и максимальный метаболический эквивалент (КПНТ)	По сравнению с исходным уровнем и груп- пой контроля возросли показатели физи- ческой выносливости (p <0,05)
Sathyamoorthy et al. (2021) [31]	Лонгковид с ИБС или артериаль- ной гипер- тензией 1 степени	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=16; 5 мес.	Толерантность к физической на- грузке (6МШТ), выраженность одышки по шкале Rose, индекс активности DASI, качество жизни (SAQ и PHQ-9), усталость (PROMIS), тяжесть стенокардии по классифи- кации CCS	После курса УНКП по сравнению с исход- ным уровнем увеличилась толерантность к физической нагрузке (p = 0,002), умень- шилась выраженность одышки, улучши- лись показатели индекса активности DASI, качества жизни и уменьшилась тяжесть стенокардии (p <0,001)
Николаева и др. (2023) [32]	Хронические заболевания легких с вен- тиляционны- ми наруше- ниями	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=30; 4 нед.	Легочные объемы, диффузионная способность легких, толерантность к физической нагрузке (КПНТ, 6МШТ)	После курса УНКП наблюдался при- рост общей емкости легких, а также по сравнению с исходным уровнем возросла толерантность к физической нагрузке (p <0,001). Значимой динамики диффузи- онной способности легких не отмечено

Таблица 2. Окончание

Исследо- вание	Нозология	Дизайн исследования, n	Конечные точки	Результаты
Sardina et al. (2016) [36, 37]	Сахарный диабет 2 типа	Рандомизированное, контролируемое; n=30; 3 и 6 мес.	Глюкоза плазмы натощак, пост- приандиальная гликемия, HbA1c.	Снижение показателей гликемического контроля по сравнению с исходным уров- нем и группой контроля (p <0,05)
Yang et al. (2013) [46]	Ишемиче- ская офталь- мопатия	Нерандомизированное; контролируемое; n=65; 2 мес.	Острота зрения, поля зрения и оптическая гемодинамика	Улучшение остроты зрения, полей зрения и оптической гемодинамики по сравнению с исходным уровнем и группой контроля (p <0,05)
Zhu et al. (2015) [47]	Передняя ишемическая оптическая нейропатия	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=16; 2 нед.	Средняя скорость кровотока, пиковая систолическая скорость и конечная диастолическая ско- рость в глазной артерии и цен- тральной артерии сетчатки, вели- чина внутриглазного давления, поля зрения и острота зрения	Увеличение скорости кровотока в глазной артерии и центральной артерии сетчатки, снижение внутриглазного давления, уве- личение полей зрения и остроты зрения (p <0,05)
Offergeld et al. (2000) [48]	Болезни вну- треннего уха	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=33; 12 мес.	Объем кровотока во внутренних сонных артериях и в позвоночных артериях, интенсивность и/или по- явление шума и порог слышимости (аудиограмма)	Увеличение кровотока во внутренних сон- ных артериях и в позвоночных артериях, уменьшение интенсивности и/или по- явления шума в ушах, повышение порога слышимости (p <0,05)
Froschermaier et al. (1998) [49]	Эректильная дисфункция	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=13; 3 нед.	Ригидность полового члена, пико- вый систолический кровоток и ка- чество эрекции	Увеличение ригидности полового чле- на, пикового систолического кровотока и качества эрекции (p <0,05)
Lawson et al. (2007) [50]	ИБС, эрек- тильная дис- функция	Нерандомизированное, неконтролируемое; n=120; 7 нед.	Международный индекс эректиль- ной функции, индекс активности DASI	Улучшение эректильной функции (p <0,05) и индекса активности DASI. Существенных изменений в оргазмиче- ской функции и сексуальном желании выявлено не было

Примечание: УНКП — усиленная наружная контрпульсация; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ЦАСД — центральное аортальное систолическое давление; ИА — индекс аугментации; АД — артериальное давление; ПЗВ — поток-зависимая вазодилатация; ЭПГ — эндотелиальные прогениторные клетки; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка; КПНТ — кардиопульмональный нагрузочный тест; 6МШТ — тест 6-минутной ходьбы

Table 2. Characteristics of the EECP research

Research	Nosology	Research design, n	Endpoints	Results
MUST-EECP (1999) [20]	CHD	Randomized, blind, placebo-controlled; n=139; 8 weeks	The duration of physical activity and the time to ST segment depression ≥1 mm, the average daily number of angina attacks and the use of nitroglycerin	An increase in the time to ST segment depression ≥1 mm (p=0,01) compared to the baseline and placebo group. Episodes of angina pectoris were less frequent in the active EECP group compared with placebo (p <0.05)
Singh et al. (2018) [21]	CHD with or without diabetes mellitus type 2	Non-randomized, uncontrolled; n=163; 12 months.	Severity of angina pectoris according to the CCS classification, severity of dyspnea on the MRC scale, indicators of glycemic control (fasting glycemia and HbA1c)	A decrease in the severity of angina pectoris and the severity of shortness of breath, a decrease in fasting glycemia and HbA1c (p < 0.001)
Subramanian et al. (2005) [22]	CHD, CHF	Non-randomized, uncontrolled; n=72; 8 weeks	LVEF, CASP, AI	An increase in LVEF compared to the baseline level after the course of EECP (p <0.001). A decrease in CASP, AI with normal blood pressure, an increase in CASP, AI with low blood pressure and left ventricular dysfunction (p <0.05)
Sardari et al. 2018 [23]	CHD, CHF	Non-randomized, uncontrolled; n=34; 7 weeks	LVEF, duration of physical activity, workload	After the course of EECP, LVEF, maximum workload and duration of physical activity increased compared to the baseline level (p <0.001)
Wu et al. (2013) [24]	CHD	Non-randomized, uncontrolled; n=34; 6 months	Exercise tolerance (6MWT), quality of life (SF-36), severity of angina pectoris according to the CCS classification	After the course of EECP, exercise tolerance increased compared to the baseline level, quality of life improved and the severity of angina pectoris decreased (p <0.001)

Table 2. The end

Research	Nosology	Research design, n	Endpoints	Results
EXCEL (2024) [25]	CHD, CHF	Randomized, placebo-controlled; n=120; 36 months	Exercise tolerance (6MWT), quality of life (MLHFQ and SF-36), functional parameters of the vascular bed (capillaroscopy) and heart (LVEF), adverse cardiovascular clinical outcomes	An increase in exercise tolerance, quality of life, functional parameters of the vascular bed and heart (p < 0.05) compared with the baseline and placebo group, as well as a decrease in the incidence of adverse outcomes
Badtieva et al. (2019) [28]	Obliterating atherosclerosis of the vessels of the lower extremities	Non-randomized, controlled; n=68; 7 weeks	The frequency of characteristic complaints, the pain-free walking distance, the state of peripheral hemodynamics, the ankle-shoulder index	A decrease in the severity of symptoms in the EECF group, an increase in the pain-free walking distance, an improvement in peripheral hemodynamics and an increase in the ankle-shoulder index (p <0.05)
Liang et al. (2021) [29]	Arterial hypertension of the 1st degree	Randomized, controlled; n=40; 7 weeks	Blood pressure, FDV, EPC	A decrease in systolic and diastolic blood pressure, an increase in the value of FDV and an improvement in EPC function (p <0.05)
Zhao et al. (2020) [30]	COPD	Randomized, controlled; n=72; 3 months	Physical endurance: anaerobic threshold oxygen uptake, maximum oxygen uptake, anaerobic threshold impulse, anaerobic threshold metabolic equivalent and maximum metabolic equivalent (CPST)	Compared with the baseline and the control group, indicators of physical endurance increased (p <0.05)
Sathyamoorthy et al. (2021) [31]	Long-Covid	Non-randomized, uncontrolled; n=16; 5 months	Exercise tolerance (6MWT), severity of shortness of breath on the Rose scale, DASI activity index, quality of life (SAQ and PHQ-9), fatigue (PROMIS), severity of angina pectoris according to the CCS classification	After the course of EECF, exercise tolerance increased compared to the baseline level (p=0.002), the severity of shortness of breath decreased, the indicators of the DASI activity index, quality of life improved and the severity of angina pectoris decreased (p <0.001)
Nikolaeva et al. (2023) [32]	Chronic lung diseases with ventilation disorders	Non-randomized, uncontrolled; n=30; 4 weeks	Pulmonary volumes, lung diffusion capacity, exercise tolerance (CPST, 6MWT)	After the course of EECF, an increase in total lung capacity was observed, and exercise tolerance increased compared to the baseline level (p <0.001). There was no significant dynamics in the diffusion capacity of the lungs
Sardina et al. (2016) [36, 37]	Diabetes mellitus type 2	Randomized, controlled; n=30; 3 and 6 months	Fasting plasma glucose, postprandial glycemia, HbA1c	A decrease in glycemic control indicators compared to the baseline level and the control group (p <0.05)
Yang et al. (2013) [46]	Ischemic ophthalmopathy	Non-randomized; controlled; n=65; 2 months	Visual acuity, visual fields and optical hemodynamics	Improvement of visual acuity, visual fields and optical hemodynamics compared to baseline and control group (p <0.05)
Zhu et al. (2015) [47]	Front ischemic optic neuropathy	Non-randomized, uncontrolled; n=16; 2 weeks	The average blood flow rate, peak systolic velocity and final diastolic velocity in the ocular artery and central retinal artery, the value of intraocular pressure, visual fields and visual acuity	An increase in the blood flow rate in the ocular artery and central retinal artery, a decrease in intraocular pressure, an increase in visual fields and visual acuity (p <0.05)
Offergeld et al. (2000) [48]	Diseases of the inner ear	Non-randomized, uncontrolled; n=33; 12 months	The volume of blood flow in the internal carotid arteries and in the vertebral arteries, the intensity and/or appearance of noise and the audibility threshold (audiogram)	An increase in blood flow in the internal carotid arteries and in the vertebral arteries, a decrease in the intensity and/or appearance of tinnitus, an increase in the hearing threshold (p <0.05)
Froschermaier et al. (1998) [49]	Erectile dysfunction	Non-randomized, uncontrolled; n=13; 3 weeks	Penile rigidity, peak systolic blood flow and erection quality	Increased penile rigidity, peak systolic blood flow and erection quality (p <0.05)
Lawson et al. (2007) [50]	CHD, erectile dysfunction	Non-randomized, uncontrolled; n=120; 7 weeks	International Index of Erectile Function, DASI activity index	Improvement of erectile function (p < 0.05) and DASI activity index. There were no significant changes in orgasmic function and sexual desire

Note: EECF — enhanced external counterpulsation; CHD — coronary heart disease; CHF — chronic heart failure; CASP — central aortic systolic pressure; AI — augmentation index; FDV — flow-dependent vasodilation; EPC — endothelial progenitor cells; COPD — chronic obstructive pulmonary disease; LVEF — left ventricular ejection fraction; CPST — cardiopulmonary stress test; 6MWT — 6-minute walking test

Использование УНКП в эндокринологии

По данным проведенных исследований, УНКП также оказывает положительный эффект на показатели гликемического контроля у пациентов с СД 2 типа. Работы P. Sardina et al. (2016) [36, 37] свидетельствует, что через 2 недели после курса, состоящего из 35 процедур, уровни гликемии натощак, постпрандиальной гликемии и гликированного гемоглобина уменьшились на 12,0, 13,5, и 19,6 % соответственно. Положительная динамика индекса инсулинорезистентности НОМА-IR после курса УНКП составила -31,1 %. Также отмечено значительное снижение уровня провоспалительных цитокинов и конечных продуктов гликирования, сохранявшееся до 6 месяцев после курса лечения. Кроме того, в нескольких исследованиях [38, 39, 40] было показано положительное воздействие УНКП на осложнения СД, такие как диабетическая ретинопатия и диабетическая нефропатия.

Использование УНКП в неврологии

Проведены исследования, демонстрирующие улучшение церебрального кровотока и коллатерализации артерий в ишемизированной зоне после перенесенного инсульта на фоне УНКП [41], что позволяет использовать данный метод в лечении неврологических пациентов. Увеличение церебральной перфузии, в свою очередь, способствует улучшению метаболизма нейронов и глиальных клеток, а также ремиелинизации, и потенциально способно влиять на восстановление моторной функции у пациентов с парезом верхних конечностей [42]. По данным исследования G. Kozdağ et al. (2013) [43], УНКП способствует улучшению всех областей когнитивных функций, за исключением тестов вербальной и зрительной памяти. Q. Zhou et al. (2004) [44] впервые отметили, что среди 33 пациентов с болезнью Паркинсона, получавших лечение УНКП, у 87,9 % наблюдалось уменьшение симптомов болезни, вероятно, из-за увеличения мозгового кровотока, что, в свою очередь, улучшало работу различных нейротрансмиттеров и рецепторов в дофаминергических нейронах черной субстанции ствола мозга. Также УНКП способствует уменьшению бессонницы за счет улучшения мозгового кровотока и модуляции соответствующих нейротрансмиттеров [45].

Использование УНКП в офтальмологии:

В ретроспективном анализе китайских ученых [46] было продемонстрировано положительное влияние УНКП в сочетании с фармакотерапией у пациентов с заболеваниями глаз ишемического генеза и стенозом сонной артерии. В другом исследовании [47] было показано, что УНКП увеличивала среднюю скорость кровотока, конечно-диастолический и пиковый систолический поток в глазных артериях и в центральной артерии сетчатки у пациентов с ишемической нейропатией зрительного нерва, что сопровождалось улучшением зрения и параметров гемодинамики.

Использование УНКП в оториноларингологии

В исследовании, проведенном C. Offergeld et al. (2000) [48], терапия УНКП у пациентов с острой стойкой потерей слуха и шумом в ушах привела к увеличению кровотока в сонных артериях на 19 % и увеличению кровотока в позвоночных артериях на 11 %. Кроме того, 47 % пациентов сообщили об уменьшении шума в ушах, а 28 % — об улучшении слуха, которое сохранялось в течение одного года после лечения.

Использование УНКП в урологии:

В исследовании S. Froschermaier et al. (1998) [49] впервые сообщалось о значительном увеличении пикового систолического кровотока в пещеристой артерии и последующем улучшении эректильной функции, которое сохранялось в течение более 6 месяцев. В другом исследовании, проведенном W. Lawson et al. (2007) [50], продемонстрирована эффективность УНКП в терапии эректильной дисфункции ишемического генеза у пациентов с рефрактерной стенокардией. Сравнение оценок на основании Международного индекса эректильной функции до и после УНКП продемонстрировало улучшение эректильной функции ($p = 0,003$), удовлетворенности половым актом ($p = 0,009$) и общей удовлетворенности ($p = 0,001$). Учитывая, что в настоящее время эректильная дисфункция в основном лечится с помощью ингибиторов фосфодиэстеразы 5 типа, которые противопоказаны пациентам с ИБС, принимающим нитраты, данный метод может стать для них полезной альтернативой.

Основные характеристики исследований УНКП представлены в таблице 2.

Заключение

УНКП применяется в качестве вспомогательного метода лечения на протяжении нескольких десятилетий, и к настоящему моменту уже доказана эффективность и безопасность методики при разных заболеваниях. За последние годы были достигнуты немалые результаты в понимании физиологических механизмов ее влияния на организм при некоторых ХНИЗ, в том числе при ИБС, ХСН, СД 2 типа, ХОБЛ и др. Тем не менее, многие аспекты использования данного метода в клинической практике до сих пор остаются не до конца изученными, что требует проведения дальнейших исследований для оценки возможностей УНКП и изучения долгосрочных эффектов. Кроме того, спектр показаний продолжает расширяться. Перспективным является изучение эффективности УНКП при таких ХНИЗ, как например, системные заболевания соединительной ткани и заболевания почек.

Вклад авторов:

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией

Николаева Н.А.: поиск литературных источников, написание рукописи, редактирование статьи

Лишута А.С.: редактирование статьи, утверждение финального варианта рукописи

Воронкова О.О.: поиск литературных источников, редактирование статьи

Слепова О.А.: поиск литературных источников, редактирование статьи

Петухова Ю.А.: поиск литературных источников, написание рукописи

Беленков Ю.Н.: научное консультирование, редактирование рукописи, утверждение окончательного варианта статьи

Author contribution:

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication

Nikolaeva N.A.: search for literary sources, writing of the manuscript, editing the article

Lishuta A.S.: editing of the article, approval of the final version of the manuscript

Voronkova O.O.: search for literary sources, editing the article

Slepova O.A.: search for literary sources, editing the article

Petukhova Yu.A.: search for literary sources, writing of the manuscript

Belenkov Yu.N.: scientific advice, editing the article, approval of the final version of the manuscript

Список литературы / References:

1. WHO. Noncommunicable Diseases: Mortality (2019). [Electronic resource]. URL: https://www.who.int/gho/ncd/mortality_morbidity/en/. (date of the application: 15.04.2024).
2. Barnett K., Mercer S.W., Norbury M., et al. Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study. *Lancet* 2012 Jul 7; 380(9836): 37-43. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60240-2.
3. Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинина А.М. и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022; 21(4): 3235. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3235.
Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., et al. 2022 Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022; 21(4): 3235. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3235. [In Russian]
4. Pasanen T., Tolvanen S., Heinonen A., et al. Exercise therapy for functional capacity in chronic diseases: an overview of meta-analyses of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*. 2017 Oct; 51(20): 1459-1465. doi: 10.1136/bjsports-2016-097132.
5. Мамиева З.А., Лишута А.С., Беленков Ю.Н. и др. Возможности применения усиленной наружной контрпульсации в клинической практике. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии 2017; 13(2): 238-247. doi: 10.20996/1819-6446-2017-13-2-238-2475.
Mamieva Z.A., Lishuta A.S., Belenkov Yu.N., et al. The possibilities of using enhanced external counterpulsation in clinical practice. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2017; 13(2): 238-247. doi: 10.20996/1819-6446-2017-13-2-238-2475. [In Russian]
6. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Полякова У.А. Наружная контрпульсация в лечении больных ишемической болезнью сердца: от механизмов действия до клинических результатов. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия, 2012; 54 (2): 47-54. Bokeria L.A., Bokeria O.L., Polyakova U.A. External counterpulsation in the treatment of patients with coronary heart disease: from mechanisms of action to clinical results. *Thoracic and Cardiovascular surgery*, 2012; 54 (2): 47-54. [In Russian]
7. Рябов В.В., Антипова М.А., Юдина Н.В. и др. Влияние наружной контрпульсации на вазорегулирующую и атромбогенную функции сосудистого эндотелия у больных стенокардией напряжения. Сибирский медицинский журнал, 2013; 28 (1): 11-17. Ryabov V.V., Antipova M.A., Yudina N.V. et al. The effect of external contrapulsation on vasoregulatory and atrombogenic functions of the vascular endothelium in patients with angina pectoris. *Siberian Medical Journal*, 2013; 28 (1): 11-17.
8. Akhtar M., Wu G.F., Du Z.M. et al. Effect of external counterpulsation on plasma nitric oxide and endothelin-1 levels. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006; 98(1): 28-30. doi: 10.1016/j.amjcard.2006.01.053.
9. Xu L., Chen X., Cui M. et al. The improvement of the shear stress and oscillatory shear index of coronary arteries during Enhanced External Counterpulsation in patients with coronary heart disease. *PLoS One*. 2020 Mar 19; 15(3): e0230144. doi: 10.1371/journal.pone.0230144.
10. Qin X., Deng Y., Wu D. et al. Does Enhanced External Counterpulsation (EECP) Significantly Affect Myocardial Perfusion? A Systematic Review & Meta-Analysis. *PLoS One*. 2016 Apr 5; 11(4): e0151822. doi: 10.1371/journal.pone.0151822.
11. Russo T.A., Banuth A.M., Nader H.B. et al. Altered shear stress on endothelial cells leads to remodeling of extracellular matrix and induction of angiogenesis. *PLoS One*. 2020 Nov 19; 15(11): e0241040. doi: 10.1371/journal.pone.0241040.
12. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т. и др. Клинические рекомендации ОССН — РКО — РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение. Кардиология. 2018; 58(65): 8-158. doi: 10.18087/cardio.2475
Mareev V.Yu., Fomin I.V., Ageev F.T. et al. Russian Heart Failure Society, Russian Society of Cardiology. Russian Scientific Medical Society of Internal Medicine Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). *Diagnosis, prevention and treatment. Kardiologiya*. 2018; 58(65): 8-158. doi: 10.18087/cardio.2475. [In Russian]
13. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020; 25(11): 4076. doi: 10.15829/1560-4071-2020-4076.
2020 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(11): 4076. doi: 10.15829/1560-4071-2020-4076. [In Russian]
14. Knuuti J. 2019 Рекомендации ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома. Российский кардиологический журнал. 2020; 25(2): 3757. doi: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757.
Knuuti J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(2): 3757. doi: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757. [In Russian]
15. Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации от 28 апреля 2021 г. № 410н «Об утверждении стандарта медицинской помощи взрослым при стабильной ишемической болезни сердца (диагностика, лечение и диспансерное наблюдение)». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384782/ (дата обращения 25.04.2024).

16. Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации от 24 декабря 2012 г. № 1554н (ред. от 20.04.2022) «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при сердечной недостаточности» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145585/ (дата обращения 25.04.2024).
17. Lin S., Xiao-Ming W., Gui-Fu W. Expert consensus on the clinical application of enhanced external counterpulsation in elderly people (2019). *Aging Med. (Milton)*. 2020; 3(1): 16–24. doi: 10.1002/agm2.12097.
18. Saceres J., Atal P., Arora R., et al. Enhanced external counterpulsation: A unique treatment for the “No-Option” refractory angina patient. *J Clin Pharm Ther*. 2021 Apr; 46(2): 295–303. doi: 10.1111/jcpt.13330. Epub 2021 Jan 7.
19. Габрусенко С.А., Малахов В.В., Масенко В.П. Использование метода наружной контрпульсации в комплексном лечении больных ишемической болезнью сердца. Атеросклероз и дислипидемии. 2010; 1: 31–36
Gabrusenko S.A., Malakhov V.V., Masenko V.P., The use of the method of external counterpulsation in the complex treatment of patients with coronary heart disease. *Atherosclerosis and Dyslipidemia*. 2010; 1: 31–36 [In Russian]
20. Arora R.R., Chou T.M., Jain D., et al. The multicenter study of enhanced external counterpulsation (MUST-EECP): effect of EECP on exercise-induced myocardial ischemia and anginal episodes. *J Am Coll Cardiol*. 1999 Jun; 33(7): 1833–40. doi: 10.1016/s0735-1097(99)00140-0.
21. Singh V., Kumari G., Chhajaj B., et al. Enhanced external counterpulsation effectiveness on clinical parameters in diabetic and non-diabetic coronary heart disease patients. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2018; 11(7): 151–157. doi: 10.22159/ajpcr.2018.v11i7.25219.
22. Subramanian R., Nayar S., Meeyappan C., et al. Effect of Enhanced External Counter Pulsation Treatment on Aortic Blood Pressure, Arterial Stiffness and Ejection Fraction in Patients with Coronary Artery Disease. *J Clin Diagn Res*. 2016 Oct; 10(10): OC30–OC34. doi: 10.7860/JCDR/2016/23122.8743.
23. Sardari A., Hosseini S.K., Bozorgi A. et al. Effects of Enhanced External Counterpulsation on Heart Rate Recovery in Patients with Coronary Artery Disease. *J Tehran Heart Cent*. 2018 Jan; 13(1): 13–17.
24. Wu E., Mårtensson J., Broström A. Enhanced external counterpulsation in patients with refractory angina pectoris: a pilot study with six months follow-up regarding physical capacity and health-related quality of life. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2013 Oct; 12(5): 437–45. doi: 10.1177/1474515112468067.
25. Беленков Ю.Н., Лишута А.С., Слепова О.А. и др. Исследование EXCEL: длительное наблюдение эффективности медикаментозной и немедикаментозной реабилитации больных сердечной недостаточностью ишемической этиологии. *Кардиология*. 2024; 64(1): 14–24. doi: 10.18087/cardio.2024.1.n2615.
Belenkov Yu.N., Lishuta A.S., Slepova O.A., et al. The EXCEL Study: Long-term Observation of the Effectiveness of Drug and Non-drug Rehabilitation in Patients with Ischemic Heart Failure. *Kardiologiya*. 2024; 64(1): 14–24. doi: 10.18087/cardio.2024.1.n2615. [In Russian]
26. Лишута А.С., Слепова О.А., Николаева Н.С. и др. Долгосрочные эффекты усиленной наружной контрпульсации в ведении пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной сердечной недостаточностью: данные исследования EXCEL. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29(6): 5886. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5886.
Lishuta A.S., Slepova O.A., Nikolaeva N.S., et al. Long-term effects of enhanced external counterpulsation in the management of patients with coronary artery disease complicated by heart failure: data from the EXCEL study. *Russian Journal of Cardiology*. 2024; 29(6): 5886. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5886. [In Russian]
27. Thakkar B.V., Hirsch A.T., Satran D., et al. The efficacy and safety of enhanced external counterpulsation in patients with peripheral arterial disease. *Vasc Med*. 2010 Feb; 15(1): 15–20. doi: 10.1177/1358863X09106549.
28. Бадтиева В.А., Ворошилова Д.Н., Сичинава Н.В. Применение метода усиленной наружной контрпульсации в лечении и реабилитации пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019; 96(4): 5–11. doi: 10.17116/kurort2019960415.
Badtieva V.A., Voroshilova D.N., Sichinava N.V. Use of enhanced external counterpulsation in the treatment and rehabilitation of patients with atherosclerosis obliterans of the lower extremity. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*. 2019; 96(4): 5–11. doi: 10.17116/kurort2019960415. [In Russian]
29. Liang J., Shi J., Wei W., et al. External Counterpulsation Attenuates Hypertensive Vascular Injury Through Enhancing the Function of Endothelial Progenitor Cells. *Front Physiol*. 2021 Feb 12; 11: 590585. doi: 10.3389/fphys.2020.590585.
30. Zhao M., Huang Y., Li L., et al. Enhanced External Counterpulsation Efficacy on Exercise Endurance in COPD Patients and Healthy Subjects: A Pilot Randomized Clinical Trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2020 Jan 7; 15: 25–31. doi: 10.2147/COPD.S225566.
31. Sathyamoorthy M., Verduzco-Gutierrez M., Varanasi S., et al. Enhanced external counterpulsation for management of symptoms associated with long COVID. *Am Heart J Plus*. 2022 Feb 12; 13: 100105. doi: 10.1016/j.ahjo.2022.100105.
32. Николаева Н.А., Беленков Ю.Н., Лишута А.С. и др. Усиленная наружная контрпульсация как средство немедикаментозного лечения пациентов с тяжелыми и среднетяжелыми вентилиационными нарушениями. *Терапия*. 2023; 9(6): 8–14. doi: 10.18565/therapy.2023.6.8–14.
Nikolaeva N.A., Belenkov Yu.N., Lishuta A.S., et al. Enhanced external counterpulsation as a measure of non-drug treatment of patients with severe and moderate ventilation disorders. *Therapy*. 2023; 9(6): 8–14. doi: 10.18565/therapy.2023.6.8–14. [In Russian]
33. Dayrit J.K., Verduzco-Gutierrez M., Teal A., et al. Enhanced External Counterpulsation as a Novel Treatment for Post-acute COVID-19 Sequelae. *Cureus*. 2021 Apr 7; 13(4): e14358. doi: 10.7759/cureus.14358.
34. Barreiro E., Sznajder J.I., Nader G.A., et al. Muscle dysfunction in patients with lung diseases: a growing epidemic. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015 Mar 15; 191(6): 616–9. doi: 10.1164/rccm.201412-2189OE.
35. Melin M., Montelius A., Ryden L., et al. Effects of enhanced external counterpulsation on skeletal muscle gene expression in patients with severe heart failure. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018; 38(1): 118–127. doi: 10.1111/cpf.12392.
36. Sardina P.D., Martin J.S., Avery J.C., et al. Enhanced external counterpulsation (EECP) improves biomarkers of glycemic control in patients with non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 3 months following treatment. *ActaDiabetol*. 2016 Oct; 53(5): 745–52. doi: 10.1007/s00592-016-0866-9.
37. Sardina P.D., Martin J.S., Dzieza W.K., et al. Enhanced external counterpulsation (EECP) decreases advanced glycation end products and proinflammatory cytokines in patients with

- non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 6 months following treatment. *Acta Diabetol.* 2016 Oct; 53(5): 753-60. doi: 10.1007/s00592-016-0869-6.
38. Li H.L., Zhou J.W., Zuo W. Effects of external counter-pulsation combined with laser photocoagulation fortreatment of non-proliferative diabetic retinopathy. *Guoji Yanke Zazhi.* 2016; 16 (11): 2082–4. doi: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.11.24.
 39. Liu C.T., Wang X.J., Li X, et al. Effects of enhanced extracorporeal counterpulsation on early renal injury in elderly patients with type 2 diabetic nephropathy. *Chin J Clin Res.* 2017; 30(3): 342-344.
 40. Duan H.Y. Clinical efficacy analysis of enhanced external counterpulsation in the treatment of diabetic nephropathy. *Jf Youjiang Med Univ Nationalities.* 2015; 3: 384-386.
 41. Энеева М.А., Костенко Е.В., Разумов А.Н. и др. Усиленная наружная контрпульсация — метод неинвазивного вспомогательного кровообращения в комплексном восстановительном лечении пациентов после ишемического инсульта (обзор). *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2015; 92(3): 45-52. doi: 10.17116/kurort2015345-52.
Eneeva M.A., Kostenko E.V., Razumov A.N., et al. Enhanced external counterpulsation — a method of noninvasive auxiliary blood circulation in the complex rehabilitation treatment of patients after ischemic stroke (review). *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education.* 2015; 92(3): 45-52. doi: 10.17116/kurort2015345-52. [In Russian]
 42. Liu J.Y., Xiong L., Stinear C.M., et al. External counterpulsation enhances neuroplasticity to promote stroke recovery. *J NeurolNeurosurg Psychiatry.* 2019 Mar; 90(3): 361-363. doi: 10.1136/jnnp-2018-318185.
 43. Kozdağ G., İşeri P., Gökçe G., et al. Treatment with enhanced external counterpulsation improves cognitive functions in chronic heart failure patients. *Türk Kardiyol Dern Ars.* 2013 Jul; 41(5): 418-28. doi: 10.5543/tkda.2013.24366.
 44. Zhou Q. Observation of 33 cases of Parkinson's disease treated with external counterpulsation. *J. Luzhou Med. Coll.* 2004; 27 (1): 56–7.
 45. Gottlieb S.S., Piña I.L. Enhanced external counterpulsation: what can we learn from the treatment of neurasthenia? *J Am Coll Cardiol.* 2006 Sep 19; 48(6): 1206-7. doi: 10.1016/j.jacc.2006.04.054.
 46. Yang Y., Zhang H., Yan Y., et al. Clinical study in patients with ocular ischemic diseases treated with enhanced external counterpulsation combined with drugs. *Mol Med Rep.* 2013 Jun; 7(6): 1845-9. doi: 10.3892/mmr.2013.1445.
 47. Zhu W., Liao R., Chen Y., et al. Effect of enhanced extracorporeal counterpulsation in patients with non-arteritic anterior ischaemic optic neuropathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2015 Jan; 253(1): 127-33. doi: 10.1007/s00417-014-2823-z.
 48. Offergeld C., Werner D., Schneider M., et al. Die pneumatische externe Gegenpulsation (PECP): Neue Behandlungsmöglichkeit bei therapierefraktären Innenohrstörungen? [Pneumatic external counterpulsation (PECP): a new treatment option in therapy refractory inner ear disorders?]. *Laryngorhinootologie.* 2000 Sep; 79(9): 503-9. German. doi: 10.1055/s-2000-6941.
 49. Froschermaier S.E., Werner D., Leike S., et al. Enhanced external counterpulsation as a new treatment modality for patients with erectile dysfunction. *Urol Int.* 1998; 61(3): 168-71. doi: 10.1159/000030315.
 50. Lawson W.E., Hui J.C., Kennard E.D., et al. Effect of enhanced external counterpulsation on medically refractory angina patients with erectile dysfunction. *Int J ClinPract.* 2007 May; 61(5): 757-62. doi: 10.1111/j.1742-1241.2007.01328.x.

Информация об авторах

Николаева Надежда Андреевна  — аспирант, ассистент кафедры госпитальной терапии № 1 ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: nadnikolya@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8907-8370>

Лишута Алексей Сергеевич — к.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии № 1 ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: alexeylish@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3391-0193>

Воронкова Ольга Олеговна — к.м.н., ассистент кафедры госпитальной терапии № 1 ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: voronkova.oo@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4705-8037>

Слепова Ольга Александровна — к.м.н., ассистент кафедры госпитальной терапии № 1 ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: slepova_o_a@staff.sechenov.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1172-1116>

Петухова Юлия Алексеевна — студентка 5-ого курса ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: juliya.petukhova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-6546-7041>

Беленков Юрий Никитич — академик РАН, профессор, д.м.н., заведующий кафедрой госпитальной терапии № 1 ИКМ им. Н.В. Склифосовского ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, e-mail: belenkov_yu_n@staff.sechenov.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3014-6129>

Information about the authors

Nadezhda A. Nikolaeva  — postgraduate student, assistant of the Department of Hospital Therapy No. 1 of the N.V. Sklifosovsky Institute of Cardiology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, e-mail: nadnikolya@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8907-8370>

Alexey S. Lishuta — candidate of medical sciences, professor of the department of hospital therapy No. 1 of the ICM named after. N.V. Sklifosovsky PMGMU named after. THEM. Sechenov (Sechenov University), Moscow, e-mail: alexeylish@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3391-0193>

Olga O. Voronkova — PhD, Assistant of the Department of Hospital Therapy No. 1 of the N.V. Sklifosovsky Institute of Cardiology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, e-mail: voronkova.oo@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4705-8037>

Olga A. Slepova — candidate of medical sciences, assistant of the department of hospital therapy No. 1 ICM named after. N.V. Sklifosovsky PMGMU named after. THEM. Sechenov (Sechenov University), Moscow, e-mail: slepova_o_a@staff.sechenov.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1172-1116>

Yulia A. Petukhova — 5th year student at IKM.N. V. Sklifosovsky PMGMU named after. THEM. Sechenov (Sechenov University), Moscow, e-mail: juliya.petukhova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-6546-7041>

Yuri N. Belenkov — Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Hospital Therapy No. 1 of the N.V. Sklifosovsky Institute of Cardiology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, e-mail: belenkov_yu_n@staff.sechenov.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3014-6129>

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author